

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		ナノ空間でのプラズモン光渦による角運動量制御の研究			
研究テーマ (欧文) AZ		Manipulation of angular momentum in nanoscale using plasmonic vortices			
研究氏 代表名 者	カナ字 CC	姓)サカイ	名)キョウスケ	研究期間 B	2015～2016 年
	漢字 CB	酒井	恭輔	報告年度 YR	2016 年
	ローマ字 CZ	Sakai	Kyosuke	研究機関名	北海道大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		北海道大学電子科学研究所・助教			
概要 EA (600字～800字程度にまとめてください。)					
<p>近年、光の角運動量を利用する物質状態制御の研究が活発化している。光捕捉による粒子の円運動や光パルスでの電子スピン偏極などが一例であるが、この光の作用を自在に制御できれば、原子核に束縛された電子のエネルギー遷移までも操作する新たな手段が生まれると期待されている。双極子禁制な高次の遷移(電気四重極子や磁気双極子など)も利用可能となるかもしれない。光の角運動量にはスピン(円偏光)と軌道成分が定義され、両成分が物質の状態に作用する。このため、両成分を所望の状態としたうえで、光と物質(電子)の波動関数を重ねることが、当分野の大きな課題となっている。本研究では、電子と光の混合状態であるプラズモンの強い局在効果を利用して、二者の波動関数を近づける手法の探索を行う。①光の角運動量状態のプラズモンへの転写、②角運動量を有する光のナノ空間への局在化、③ナノ空間へ高効率エネルギー結合を実現する手法と段階を分け、数値計算により具体的な解析を行った。</p> <p>①スピンと軌道角運動量の和である全角運動量(J)が、光ビーム断面の電界分布を特徴付ける。Jの異なるビームを金ナノディスクに照射したところ、ディスクに励起されるプラズモンモードは、$(J \times 2)$個の極を有することが明らかとなった(例えば、$J=1$だと双極子、$J=2$だと四重極子)。これにより、光の全角運動量が局在プラズモンモードへ選択的に転写されることが明らかとなった。</p> <p>②角運動量を有する光を10nm程度のナノ空間へ局在させるため、鋭角な金属粒子からなる多量体の隙間部の利用を検討した。粒子数と局在させることのできる角運動量との関係を調べ、粒子数はモードの極の数以上必要であることを明らかにした。</p> <p>③波長以下と小さいナノディスクや多量体等のプラズモンモードへ入射光エネルギーを効率的に結合させるため、ナノディスクを周期配列したプラズモニック結晶の効果を検討した。四重極子モードへの結合効率向上には、正方格子配列が有効であり、格子間隔を結晶内波長と一致させることで、2桁程度の強度の増加が期待できることが分かった。また結晶で囲むことにより、入射ビームと多量体との光軸調整の精度が緩和される(結晶内波長程度のずれが許容される)ことが明らかとなった。</p> <p>実験評価へ向けた遠視野測定系も構築し、透過スペクトルから作製サンプルのプラズモン共鳴波長が割り出せるようになった。以上、当初期待した成果を挙げる事ができた。</p>					
キーワード FA	光の角運動量	プラズモン	プラズモニック結晶	多重極子遷移	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 EZ

Light can carry angular momentum (spin and orbital), which drives circular motion of micro particles or spin polarization of electrons. There has been an argument for more than two decades if the orbital angular momentum could affect the state of bound electron, that is, change the standard selection rule of optical excitation. Electromagnetically driven transitions between two atomic states occur if the superposition of their charge distributions match the multipole structure of the exciting field.

In our study, we have explored a scheme to match the wavefunctions of bound electron and light. Surface plasmon polariton allows us to squeeze light into nanoscale. Using numerical calculation, we analyzed optical response of plasmonic nano structures, taking the following three steps.

1. Angular momentum transfer from photon to plasmon.

The electromagnetic field in the cross section of light beam is characterized by the total angular momentum J (spin + orbital). Using a single plasmonic nanodisk, we found the excited plasmon resonance can be determined by J of the incident light. Light with $J=1$ excites dipole mode and light with $J=2$ excites quadrupole mode.

2. Light squeezing into nanoscale.

Plasmonic gap structures can confine light into their gap region. We found multimer plasmon structures can support multipole plasmon mode which corresponds to higher order angular momentum.

3. Efficient energy coupling.

Plasmonic crystal surrounding the multimer structure was found to support strong confinement of incident light into the multimer gap region.